

小規模 發電設備를 爲한 制御의 簡略化

Simpler Controls Wook for Small Plant

朴 隆 譯

Electrical World 1984. 3 月號에서

強力한 Microprocessor 와 정교한 알고리즘을 利用하면 자칫 필요이상으로 복잡하고 制御에 과대한 비용이 발생할 우려가 있다.

美國內 Utility 會社가운데 이와 같은 것을 止揚하고 그대신 보다 簡略化된 효과적인 제어 Scheme 을 선택하였으며 이를 利用, 數台의 Unit로 구성된 小規模 Combined-Cycle 發電所의 負荷分擔을 自動으로 處理할 수 있게 되었다.

費用 上昇을 억제해야할 필요성이 절실해지고 있는 現在 大規模, 多機系統에서의 정교한 自動發電 制御 설비는 보다 一般化 되어가고 있다.

그러나 小規模系統에 對하여 이러한 高度의 自動化 및 정교한 설비는 엄청난 비용을 발생시킨다.

그러나 이러한 시스템들은 어떠한 負荷需要 라도 最適效率로 充足시킬 수 있도록 발전출력을 제어할 수 있어야 한다.

이러한 저렴한 方法이 Day & Zimmerman Inc.社에 依하여 Kissimmee Utility社(Florida州 所在)의 新規 50MW의 Combined Cycle발전용으로 開發되었다.

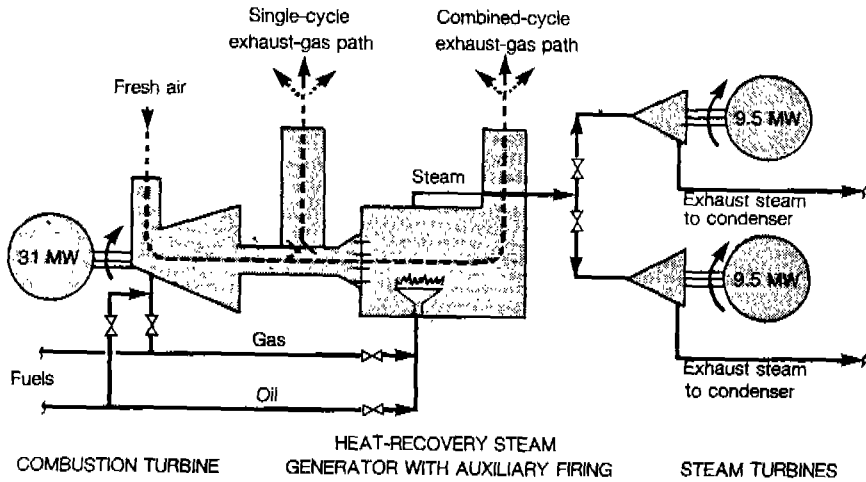
1983年 12月 商業運轉에 들어간 이 發電所는 31 MW의 Combustion Turbine과 2 台의 9 1/2 MW의 증기 Turbine 및 尖頭負荷時를 對備, 補助Firing을 할 수 있는 廢熱보일러(HRSG)로 構成되어 있다 (그림 1).

條 件

系統設計에 있어 D & Z社의 計測制御 담당자인 C. Joseph Murphy氏에 의하면 D & Z社로서는 다음 몇가지 條件을 設定하였다. 卬,

- Micro Processor를 使用키로 한다.
- 원격給電指令設備(Remote Dispatch System)에서 發하는 負荷增減發(Raise/Lower) 指令에 應動하여 最大效率로 Combined Cycle Plant의 發電設備의 運轉을 연속적인 協助(Coordination) 制御한다.
- 必要에 따라 增減發을 함으로써 협조方式에 의하여 各負荷點>Loading Point)을 自動決定한다.
- 펌프, 보일러드럼水位等 補助機器를 制御한다.
- Color Video指示裝置(흑백TV 대신) 및 완전한 自動後備保護設備(中央集中式 手動후비보호설비 대신)등과 같은 과중한 설비의 使用을 極小화한다.

Kissimmee에서 使用한 Micro Processor 에는 內裝된 負荷制御 알고리즘이 없었으므로 이에 適 suited 算法은 D & Z社와 Fischer & Porter에 依하여 共同開發되었다.



〈그림 - 1〉 小規模 Combined Cycle發電所에서는 最適出力制御에 “融通性”있는 制御設備가 必要하다.

“총발전System과 운전방식은 機器特性, Project 特性 및 운전에 영향을 주는 各種 外的 要因등을 감안한 Unique한 알고리즘을 必要로 한다”는 Mr. Murphy의 說明과 같이 하여간 바람직한 것이 될 것이다.

이들의 개발에 필요한 비용은 全体系統 개발비의 약15%정도가 되었다.

3 種의 운전방식

Kissimmee발전소는 그 운전방식이 3가지가 있다. 比較的 低負荷로 Single Cycle(SC)로 운전될 경우 Combustion Turbine만이 운전되며 排氣gas는 大氣로 放出된다.

電力需要가 증가하면 발전소는 Combined Cycle(CC)로 되며 Combustion Turbine의 排氣gas는 廢熱보일러(HRSG)에서 蒸氣를 발생 Steam Turbine을 구동하여 追加電力을 生産한다.

마지막으로 尖頭負荷時 발전소는 Combined Cycle로서 HRSG에 補助燃料를 燃焼시켜(CCAF)증기터빈 구동용 Steam을 추가 발생시킨다.

이들 운전방식 모두 몇가지 共通的인 운전조건을 가지고 있다(그림 2).

발전소 Loading은 어느 경우의 운전방식이든 원 격급전지령에 의하거나 운전원의 직접조작에 의한 다.

負荷變動의 速度는 운전원이 선택할 수 있다.

Kissimmee System의 경우 부하변동율은 완속(0.95MW/min) 및 급속(1.9MW/min) 모두 Computer에 프로그램 入力되었다.

이들은 Software를 수정하면 간단히 변경시킬 수 있다.

마지막으로 모든 운전방식에 있어서 Unit의 設定值(Set Point)를 발생시키는 A/D變換(Analog to Digital Conversion)과 최종출력接點開閉을 “Raise” 또는 “Lower”시키는 D/A變換(Digital to Analog)은 同一하게 이루어진다.

여기서 운전方式上的 差異는 制御시스템이 어느 Control Module 및 所內機器를 制御하느냐에 달려 있다.

SC Mode에 대한 自動負荷制御 알고리즘은 간단하다.

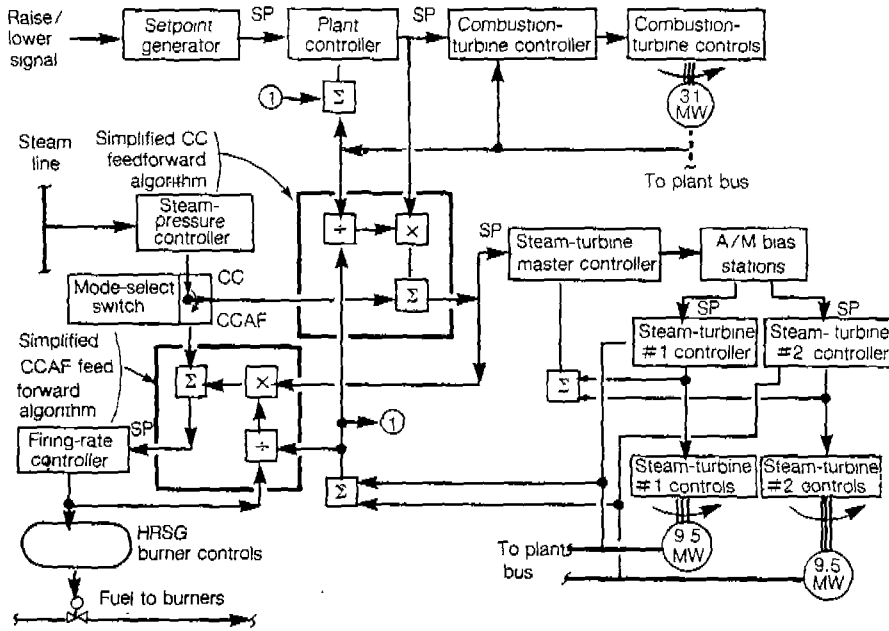
부하지령신호는 선정된 율에 따라 設定值를 上下로 變動시킨다.

D/A變換後 設定值는 Feedback Controller에 의하여 檢出된 誤差信號의 函數인 出力을 發生시킨다

Controller의 出力信號(+ 또는 -)는 Analog信號에서 週期가 變動하는 Digital信號로 바뀌며 이 Digital信號의 “ON-Time”部分은 Controller에서 발생한 出力信號의 크기에 比例한다.

“Raise”또는 “Lower”접점의 구성은 Analog信號의 내용에 좌우된다.

CC Mode는 Combustion Turbine, HRSG 및 단일



(그림 - 2) Unit 협조체제를 표시한 자동제어 계통의 Block 선도

또는 전체증기터빈의 협조운전을 요한다.

CT Feedback Controller는 Combustion Turbine의 Loading을 조절하는 Digital信號의 “ON” 기간(ON-Duration)을 제어한다.

이는 Feed Forward Gain Controller에도 入力를 공급하며 증기터어빈의 부하를 조절하는 Digital 신호의 ON-Duration을 제어한다.

이 Controller의 利得值(Gain Value)는 전체 Plant 出力에 對한 증기터어빈출력의 實時間比(Real Time Ratio)로부터 導出된다.

Steam Header의 Pressure Controller는 Feedforward Gain Controller의 出力을 조절(Trim) 함으로써 증기터빈 Demand를 HRSG의 出力과 平衡시키게 된다.

Feedforward Controller의 利得設定과 함께 이조절은 주위온도와 같은 外部條件에 基因한 機器性能 변동 및 보일러效率에 영향을 주는 튜브Fouling 효과등의 長期的인 要因들을 自動的으로 補償한다.

CCAF Mode인 경우 Combustion 및 Steam Turbine 共히 Feedback제어된다. Combustion Turbine은 自動的으로 Base Load를 감당한다.

기기Loading의 比率은 이운전점에 대하여 事前決

定되고 근본적으로 외부조건에 영향을 받지 않으므로 2대의 증기터빈은 이에 따라 制御된다.

Feedforward Control은 HRSG의 補助燃燒用 燃料발브를 制御하며 이때 Steam Header의 壓力은 연소율의 최종 “Trim”용으로 사용된다.

Feedforward Controller의 利得은 조절이 可能하며 實際Setting은 연소율과 증기터어빈출력에 따라 결정된다.

追加機能

CC 및 CCAF Mode에 사용된 다른 2가지 自動負荷制御 기능들이 Control System에 프로그램 入力되어 있다. 卽 System 응답 지연과 不均一Setting에서의 증기터빈의 운전이 그것이다. 제어지령신호에 따른 기기운동은 순시에 이루어지지 않기 때문에 아무리 빠른 부하변동도 이를 추종할 수 있는 기기의 능력을 초과해서는 안된다. Kissimmee발전소에서 HRSG응답은 제한을 받았다. 許容부하변화폭을 分當 最大出力의 5%로 制限하였으나 Interposing Lag Module을 알고리즘에 감안시켜야 한다. CC Mode에서 발생된 증기는 자연적으로 Combustion Turbine의 Loading보다 지연되며 따라서 증기터빈

의 Loading은 지연된다. CCAF Mode에서 증기발생은 흔히 Combustion Turbine 및 보조연소를 보지연된다. 그러나 Murphy氏에 의하면 “이 Mode에서는 Combustion Turbine은 Base Load 또는 Peak Load에서만 운전되며, 따라서 일단 이들 운전상태를 어느 한 위치에 있을 경우 보조연소에 기인한 시간지연만 고려하면 된다.”

기본적으로 증기터빈 Controller는 양Unit의 복합 Loading을 제어한다.

Microprocessor의 모든 것인 Ratio Controller 및 Manual Loading Station은 개별증기터빈이 만족시켜야 할 Demand의 比率를 決定한다.

別途로 어느 한쪽 증기터빈으로 하여금 願하는부하를, 다른 한쪽Unit는 나머지를 감당할 수 있도록 부하를 설정할 수도 있다. 自動負荷制御System은 차단기의 개폐상태, HRSG평퍼의 위치, 증기 터빈의 Main Steam Valve개도상태등에 대한 많은 감시 기능을 포함하고 있다.

내부고유의 Error에 대한 방지대책이 있는바 만약 운전원이 필요한 操作을 하지않고 어느Mode를 선택할 경우 그 Mode에서의 운전은 이루어지지 않으며 System은 그러한 취지로 운전원에 경보를 발한다.

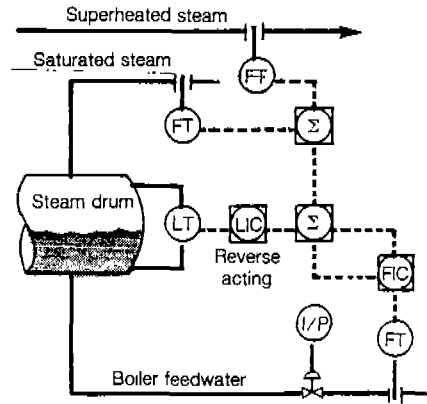
기타 Plant 시스템

중량제어 Console의 Microprocessor는 대부분 펌프와 원격조작되는 밸브들의 감시와 자동제어를 실시한다. System에는 비정상 상태경보 (예를 들어 펌프가 정지되어야 할 경우 ON 또는 밸브가 닫혀 있어야 할 경우 OPEN상태등)뿐만 아니라 천차발생 및 설정치 초과경보들을 포함하고 있다.

System에는 또 Drum Level Controller 출력을 통하여 보일러 급수제어 Controller의 설정치까지 Feedforward하는 증기유량의 승산을 포함 3-Element보일러 드럼수위제어를 갖고있다. 드럼수위는 급수량에 대하여 Set Point Trim 신호를 제공한다(그림 3).

Feedback온도제어는 과열증기온도를 제어하기 위하여 과열증기관에 분사되는 Injection Water량을 결정한다.

어떠한 설정치조건에 대하여도 시스템은 생산되



〈그림 - 3〉 드럼수위 및 급수제어 Loop

는 모든 증기를 사용하는데 필요한 증기터어빈 부하를 계산하여 이에 따라 터어빈부하를 결정한다.

마지막으로 증기압력도 증기터어빈부하의 Priority Override를 제공한다. 만약 압력이 설정치를 초과하면 증기압을 허용치로 복귀시킬 수 있도록 터어빈부하가 조정된다. 이증기압력도 HRSG버너에 Feedback신호를 보내 연소율을 제어하게 된다. 새로운 제어시스템은 여하히 되었는가.

Muni의 발·송전담당 Manager인 W. M. Alderman 씨에 의하면 “어떠한 새로운 시스템에서도 기대되듯 약간의 고장은 있다”라고 말하고 “이들 고장배제에 노력하고 있으며 잘될 것으로 기대된다”는 주장이다.

